

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USFTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-005403

(43)Date of publication of application : 10.01.1995

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

(21)Application number : 05-143559

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 15.06.1993

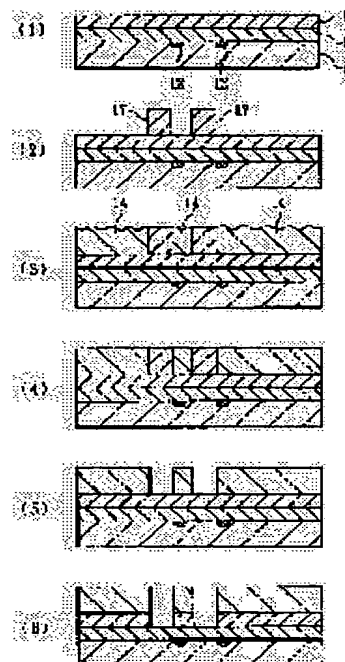
(72)Inventor : TOYOHARA ATSUSHI

(54) MANUFACTURE OF WAVEGUIDE TYPE OPTICAL DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the manufacture of the waveguide type optical device having signal electrodes which are small in the loss of a propagated microwave signal in the manufacture of a waveguide type optical device such as an optical modulator and an optical switch utilizing electrooptic effect.

CONSTITUTION: After a substrate electrode 16 and the signal electrodes 14 conforming with a resist pattern 17 is formed on a substrate 11 provided with an optical waveguide 12, the top surfaces of the signal electrodes are flattened by etching. Then the resist pattern 17 and the substrate electrode 16 are removed to obtain the waveguide type optical device. The signal electrodes 14 having small raggedness on the top surfaces are obtained by this manufacture, so the microwave loss of the signal electrodes is reduced to widen the band of the waveguide type optical device and makes the operation fast.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.06.1993

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.05.1997

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USF10) THIS PAGE BLANK (USFT0)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 5 4 0 3

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 1 月 10 日

(51) Int. Cl. 6

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 F

1/035

審査請求

有

請求項の数 3

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 5-143559

(22) 出願日 平成 5 年 (1993) 6 月 15 日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

(72) 発明者 豊原 篤志

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式
会社内

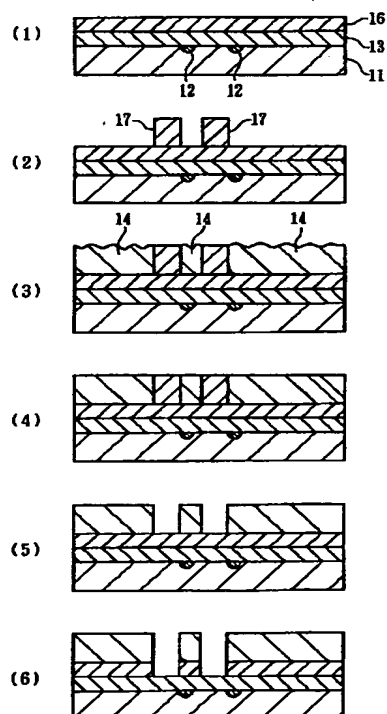
(74) 代理人 弁理士 山内 梅雄

(54) 【発明の名称】 導波路型光デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【目的】 電気光学効果を利用した光変調器や光スイッチなどの導波路型光デバイスを製造方法であって、伝播するマイクロ波信号の損失が少ない信号電極を有する導波路型光デバイスの製造方法を提供する。

【構成】 光導波路 12 を有する基板 11 上に、バッファ層 13 と下地電極 16 と、レジストパターン 17 に応じた信号電極 14 とを形成した後に、信号電極の上面をエッチングにより平坦化する。その後、レジストパターン 17 の除去と下地電極 16 の除去を行い、導波路型光デバイスを得る。この製造方法によれば、表面に凹凸の少ない信号電極 14 が得られるため、信号電極のマイクロ波損失が少なくなり、導波路型光デバイスの広帯域化および高速化が図れる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電気光学効果を有する基板表面に光導波路を形成する光導波路形成工程と、
光導波路が形成された基板上にバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、
前記バッファ層上にレジストパターンに応じた信号電極を作製する信号電極作製工程と、
作製された信号電極の表層をエッチングして平坦化するエッチング工程と、
エッチング後の基板上からレジストパターンを除去するレジストパターン除去工程とを有することを特徴とする導波路型光デバイスの製造方法。

【請求項 2】 電気光学効果を有する基板表面に光導波路を形成する光導波路形成工程と、
光導波路が形成された基板上にバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、
前記バッファ層上にレジストパターンに応じた信号電極を作製する信号電極作製工程と、
信号電極が形成された基板上からレジストパターンを除去するレジストパターン除去工程と、
レジストパターンが除去された基板上の信号電極の表層をエッチングして平坦化するエッチング工程とを有することを特徴とする導波路型光デバイスの製造方法。

【請求項 3】 前記信号電極がノンシアン系金メッキで作製された金電極であることを特徴とする請求項 1 および請求項 2 記載の導波路型光デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、導波路型光デバイスに係わり、電気光学効果を利用して、たとえば、光変調や光スイッチを行う導波路型光デバイスの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 光変調器や光スイッチには、広帯域、超高速かつ低電力で動作することが要求されるため、原理的に動作速度の速い電気光学効果が利用されることが多い。電気光学効果とは、物質に電界を印加することによりその物質の屈折率が変化する現象のことをいい、この効果を利用したさまざまな導波路型光デバイスが開発されている。

【0003】 図 3 と図 4 に、このような電気光学効果を利用した導波路型デバイスの例として、マッハツェンダ型光変調器の構成を示す。図 3 はマッハツェンダ型光変調器の平面図であり、図 4 は、その AA' 断面図である。まず、これらの図に基づいて、その構成および動作の説明を行う。

【0004】 マッハツェンダ型光変調器は、電気光学効果を有する基板 11 上に形成された光導波路 12 と、その上にバッファ層 13 を介して形成された信号電極 14 とで構成される。各構成部分には、さまざまな材料を用

いることができる。たとえば、基板 11 としては、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) が用いられることが多い。この場合には、光導波路 12 の形成は、基板にチタン (Ti) を熱拡散させて行う。また、バッファ層 13 としては、酸化珪素 (SiO_2) などの薄膜が使用され、信号電極 14 としては、金 (Au) が用いられることが多い。信号電極 14 には、変調用信号源 15 が接続される。以下に、この光変調器の動作を簡単に説明する。

10 【0005】 半導体レーザからの光が光入射端 21 から光導波路 12 に入射すると、入射されたレーザ光は、光分岐部 22 で光導波路 12₁ と 12₂ に分割される。一方の光導波路 12₁ に信号電極 14 を用いて、変調用信号源 15 で変調電圧を印加すると、電気光学効果により光導波路 12₁ を伝播中の光と他方の光導波路 12₂ を伝播する光との間に位相差が生ずる。この 2 つの光を光合流部 23 で合流させると 2 つの光の間でその位相差に応じた干渉が生じ、光出射端 24 で出射される光に、変調電圧に応じた強度変調が加わることになる。たとえ

20 ば、2 つの光の位相差が 0 と π になるように変調電圧を交互に印加すれば、光出射端 24 から、光の強度が最大値と最小値に交互に変化した光信号が得られる。
【0006】 このような光変調器では、さらに広帯域化あるいは超高速化を図るために、進行波型電極を用いる構成とすることが多い。すなわち、信号電極 14 の、光が入射する側の一端からマイクロ波変調電圧を入射し、信号電極の他端を信号線のインピーダンスで終端する構成とする。このような電極構成では、電極内を伝播するマイクロ波の損失を防ぐために、その電極の表面形状が滑らかであることが望まれる。

30 【0007】 進行波型電極には、一般に、 $10\mu\text{m}$ あるいはそれ以上の厚さの信号電極が必要となるため、その作製には、メッキが用いられることが多い。図 4 は、このメッキを使った従来の電極形成方法を示したもので、主な工程を順をおって図示してある。以下、この工程の概略の説明を行う。

40 【0008】 工程 (1) : 電気光学効果を有する基板 11 に、所定の形状の光導波路 12 を形成し、その上にバッファ層 13 と下地電極 16 を形成する。なお、下地電極 16 は、信号電極 14 を電気メッキで作製するときの電極となる。工程 (2) : 下地電極 16 上の、信号電極の形成領域以外の部分にレジストパターン 17 を所定の厚さとなるように形成する。工程 (3) : メッキにより信号電極 14 を形成する。工程 (4) : レジストパターン 17 を除去する。工程 (5) : 信号電極 14 が形成されていない領域の下地電極 16 を除去して、導波路型光デバイスを得る。

50 【0009】 このような工程による作製では、信号電極 14 の上面はメッキ厚のばらつきにより、側面は、レジストパターンのパターニング荒れにより、平坦な表面が

得られないといった問題があった。このため、電極中を伝播するマイクロ波の損失が生じてしまい、導波路型光デバイスの広帯域化の妨げになっていた。

【0010】この問題を解決するために、信号電極の形成を２段階にわけて行うデバイスの製造方法が特開平 4-217226 号公報に２種類、開示されている。図 6 と図 7 にそれぞれの製造工程の概要を示す。まず、図 6 の製造工程の説明を行う。

【0011】工程（１）：ニオブ酸リチウム基板 11 に、所定の形状の光導波路 12 を Ti を熱拡散させて形成し、その上にバッファ層 13 を成膜する。バッファ層 13 の上に信号電極 14 の下地となる下地電極 16 を Au を用いて形成する。工程（２）：下地電極 16 上の、信号電極 14 の形成領域以外の部分にレジストパターン 17 を形成する。工程（３）：金メッキにより信号電極 14 を形成する。このとき、シアン系金メッキ液を用いることにより粒径の大きな金メッキ層とする。工程

（４）：レジストパターン 17 を適当な剥離液で除去する。工程（５）：信号電極 14 の形成領域以外の部分に電極 14 よりも厚いレジストパターン 18 を形成する。工程（６）：工程（３）で形成された信号電極 14 上にさらに 2 μm 厚程度の金メッキ層を形成する。このとき、ノンシアン系金メッキ液を用いることにより粒径の小さな金メッキ層とする。工程（７）：レジストパターン 18 を適当な剥離液で除去したあと、ヨウ素とヨウ化カリウムの混合水溶液中で 30 秒程度エッチングして信号電極 14 の形成領域以外の部分の下地電極 16 の Au の溶解除去を行う。

【0012】すなわち、この作製方法では、工程（３）により作製された凹凸を有する信号電極 14 上に、さらに、ノンシアン系金メッキ液を用いた工程（２）で、表面層を形成して、全体として表面の平坦な信号電極 14 を得ている。次に、図 7 の工程の説明を簡単に行う。

【0013】工程（１）から工程（４）までは、図 6 に示した工程と同じであり、説明を省略する。工程

（５）：ヨウ素とヨウ化カリウムの混合水溶液中で 30 秒程度エッチングして信号電極 14 の形成領域以外の部分の下地電極 16 の Au の溶解除去を行う。工程

（６）：金メッキ層を 2 μm 厚程度形成する。このとき、ノンシアン系金メッキ液を用いることにより粒径の小さな金メッキ層とする。

【0014】すなわち、この製造方法では、工程（５）によって下地電極 16 が削除された部分の抵抗が高いことを利用して信号電極 14 表面上に選択的に金メッキを行っている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】図 6 に示した作製工程では、レジストパターンの形成工程と金メッキ工程が２度づつ必要であり、作業工程が増加し、作業時間も長いものとなるといった問題がある。また、図 7 の作製工程

は、作業工程自体は、比較的簡単なものとなっているが、２回目の金メッキ形成時に信号電極間に短絡が生じる可能性がある。

【0016】そこで本発明の目的は、簡単な工程で表面の平坦な信号電極を作製できる導波路型光デバイスの作製方法を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載の発明では、電気光学効果を有する基板表面に光導波路を形成する光導波路形成工程と、光導波路が形成された基板上にバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、バッファ層上にレジストパターンに応じた信号電極を作製する信号電極作製工程と、作製された信号電極の表層をエッチングして平坦化するエッチング工程と、エッチング後の基板上からレジストパターンを除去するレジストパターン除去工程とを有する。

【0018】すなわち、請求項 1 記載の発明では、信号電極作成に用いたレジストパターンを除去するまえに、信号電極表面のエッチングを行う。これにより、信号電極の表面を平坦化することができる。

【0019】請求項 2 記載の発明では、電気光学効果を有する基板表面に光導波路を形成する光導波路形成工程と、光導波路が形成された基板上にバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、バッファ層上にレジストパターンに応じた信号電極を作製する信号電極作製工程と、信号電極が形成された基板上からレジストパターンを除去するレジストパターン除去工程と、レジストパターンが除去された基板上の信号電極の表層をエッチングして平坦化するエッチング工程とを有する。

【0020】すなわち、請求項 2 記載の発明では、信号電極作成に用いたレジストパターン除去後にエッチングを行う。これにより、信号電極の表面を平坦化することができる。

【0021】請求項 3 記載の発明では、請求項 1 および請求項 2 記載の製造方法において、信号電極形成時にノンシアン系金メッキを用いる。ノンシアン系金メッキで作成された電極は、電導性がよく、その表面が比較的滑らかになるため、これを用いることにより、更に平坦な表面を有する電極を作成することができる。

【0022】

【実施例】以下、実施例につき本発明を詳細に説明する。

【0023】図 1 に実施例による導波路型光デバイスの作製工程を示す。作製を行っている導波路型光デバイスは、図 2 に示したマッハツェンダ型光変調器である。ここでは、基板として、ニオブ酸リチウムを、電極材料として Au を用いている。

【0024】工程（１）：基板 11 上に Ti を約 100 nm 厚、スパッタ蒸着により成膜し、フォトリソ技術を用いて、光導波路 12 に相当する部分の Ti だけを残

す。その後、約1050℃の雰囲気中で約5時間熱処理を行う。この処理により、基板11上のTiが基板中に拡散して、屈折率が他の部分と僅かに異なる光導波路12が形成される。その後、バッファ層13として、SiO₂をスパッタ蒸着により約1μm厚形成する。さらに、このバッファ層13上に、約20nm厚のCr層と、約150nm厚のAu層をスパッタ蒸着により形成する。図では、これら2つの層を、下地電極16として1層で示してある。なお、形成した光導波路12の幅は、6μm、光分岐部22と光合流部23との間隔は50mm、分岐後の光導波路の間隔は23μmである。また、Cr層は、バッファ層13とAu層との密着性を向上させるために用いているものである。

【0025】工程(2)：工程(1)で形成した下地電極上にレジストを約15μmの厚さで形成し、所望の信号電極形状が得られるように、パターニングおよび現像処理を行い、レジストパターン17を得る。工程

(3)：レジストパターン17をマスクとして金メッキにより信号電極14を形成する。ここでは、金メッキ液としては、マイクロ波の伝播損失を低減するため、①導電性が良い、②電極表面が比較的滑らかに形成できる、などの条件から、ノンシアン系金メッキ液を選択し、メッキ液温度65℃、電流密度4mA/cm²(ミリアンペアパースクウェアセンチメートル)の条件下で約70分間のメッキを行った。

【0026】工程(4)：ヨウ素とヨウ化カリウムからなるエッチャントに金メッキを行った試料を浸し、信号電極14の表面を平滑化する。ここでは、0.1~0.2μmの表面層のエッチングを行っている。工程

(5)：エッチング後、周囲のレジストを溶剤で除去する。工程(6)：信号電極の形成されていない部分にあらわれている下地電極16をイオンミリングにより除去する。

【0027】この方法では、レジストパターンで保護されている信号電極側面の平坦化は行われぬ。側面の平坦化も行う場合には、図2に示す製造方法を用いる。以下、図2に基づき、この製造方法の説明を行う。

【0028】工程(1)から工程(3)までは、図1に示した製造方法と同じであり、説明は省略する。工程

(4)：レジストパターン17を溶剤で除去する。工程

(5)：ヨウ素とヨウ化カリウムからなるエッチャントに金メッキを行った試料を浸し、信号電極14の表面を平滑化する。ここでは、0.1~0.2μmの表面層のエッチングを行っている。工程(6)：下地電極16であるCr層のエッチングを行う。

【0029】Cr層のエッチングは、20~30秒で完了するため、この方法では、イオンミリングを用いる図1に示した方法と比して、作業工程の短時間化が図れる。なお、図1の方法においても、図5と図6に示した2回の金メッキを行う製造方法より短時間で導波路型光

デバイスの製造が行えることを確認している。

【0030】図2に示した製造方法では、電極の側面も平坦化されるため、マイクロ波伝送時の損失は、さらに小さくなる。しかし、信号電極14の幅が細くなるため、工程(5)でエッチングする量を考慮して、予めレジストパターンの設計を行っておく必要がある。

【0031】従来例の製造方法で作製した導波路型光デバイスの電気特性を評価したところ、図4に示した、従来からなされている製造方法で作製した信号電極の電気帯域S₂₁が約7GHzであったのに対し、実施例の図1の方法で作製した信号電極の電気帯域S₂₁は約12GHzであった。この結果は、本実施例による信号電極の製造方法が導波路型光デバイスの特性向上に有効であることを示すものである。

【0032】なお、実施例の作製工程では、下地電極としてCrとAuを用いているが、Cr層を設けずに、Au層だけで下地電極を作製してもよい。この場合、図2の工程(6)を行う必要はなくなる。また、基板として、ニオブ酸リチウムを用いているが、他の電気光学効果を有する材料を用いてもよいことは当然である。さらに、実施例では、電極材料として、Auを用いているが、他の導電性材料を用いることもできる。この場合は、エッチング工程で使用するエッチャントを、その材料に適したものに変更すればよい。

【0033】また、実施例では、マッハツェンダ型光変調器を例として説明を行ったが、本発明が、その他各種の信号電極を用いる導波路型光デバイスに適用できることは言うまでもない。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし請求項3記載の発明の導波路型光デバイスの製造方法によれば、従来の製造方法にエッチング工程を加えるだけで、電極表面の平坦化を行うことができる。これにより、信号電極を伝播するマイクロ波の放射損、伝播損を大幅に低減できるため、さらに広帯域または高速で使用する導波路型光デバイスを作製することができる。また、他の方法よりも短い時間および簡単な工程で、電極表面の平坦化を行った導波路型光デバイスが製造できるという利点も存在する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による導波路型光デバイスの製造方法のうち、電極の上面の平坦化を行う製造方法の工程を示す断面図である。

【図2】実施例による導波路型光デバイスの製造方法のうち、電極の上面および側面の平坦化を行う製造方法の工程を示す断面図である。

【図3】従来例のマッハツェンダ型光変調器の構成を示す説明図である。

【図4】図3のマッハツェンダ型光変調器のA-A'断面図である。

【図 5】従来例の導波路型光デバイスの製造方法の工程を示す断面図である。

【図 6】従来例による導波路型光デバイスの製造方法のうち、レジストパターン形成および金メッキを 2 回行って平坦な表面を有する信号電極の作製を行う製造方法の工程を示す断面図である。

【図 7】従来例による導波路型光デバイスの製造方法のうち、金メッキを 2 回行って平坦な表面を有する信号電極の作製を行う製造方法の工程を示す断面図である。

【符号の説明】

11 基板

12 光導波路

13 バッファ層

14 信号電極

15 変調用信号源

16 下地電極

17、18 レジストパターン

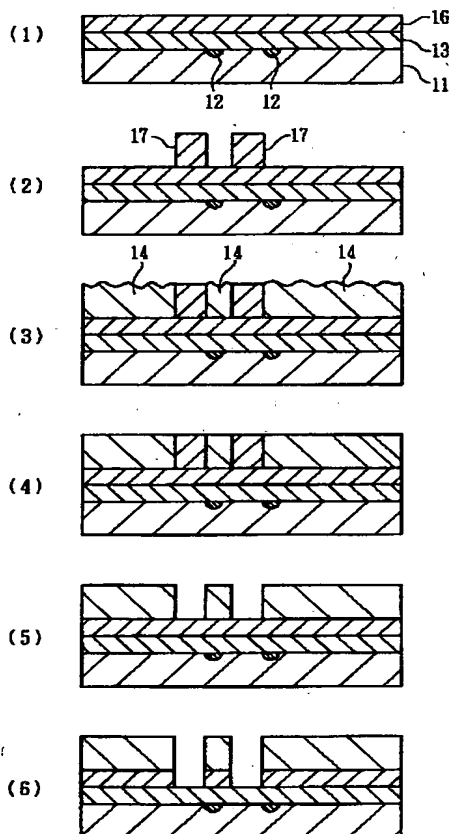
21 光入射端

22 光分岐部

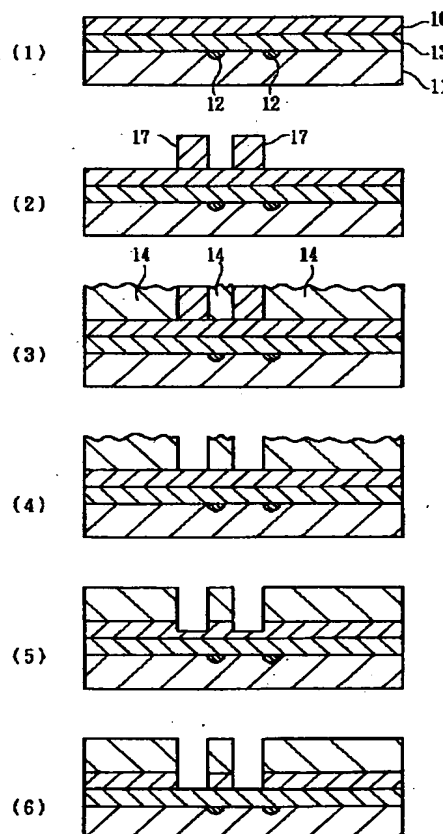
23 光合流部

10 24 光出射端

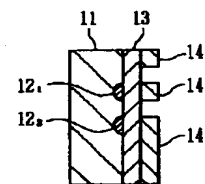
【図 1】



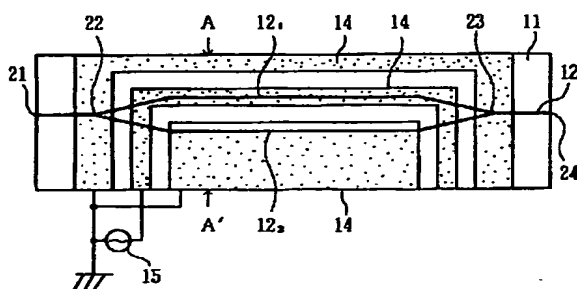
【図 2】



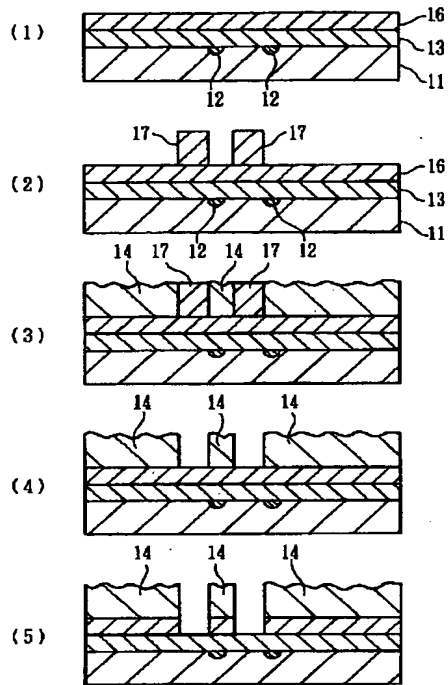
【図 4】



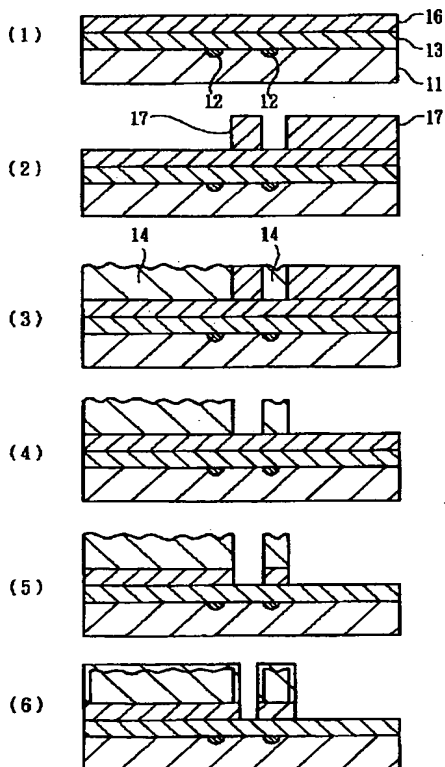
【図 3】



【図 5】



【図 7】



【図 6】

